

Egy kisvízgyűjtő nitráatterhelésének értékelése modellmódszerrel a területhasználat és az éghajlatváltozás függvényében

Doktori értekezés tézisei

Kása Ilona

Földtudományi Doktori Iskola

Doktori iskola vezetője: *Dr. Bartholy Judit*, egyetemi tanár

Földrajz-Meteorológia program

Doktori program vezetője: *Dr. Karátson Dávid*, egyetemi tanár



Témavezető: *Dr. Szalai Zoltán*, egyetemi docens

Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék

Földrajz- és Földtudományi Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem

Budapest, 2019

1. Bevezetés és célkitűzések

A vizek nitrátszennyezése számos környezeti és egészségügyi kockázattal jár, így egyike napjaink legfontosabb vízminőségi problémáinak, melyek a klímaváltozással fokozódhatnak. Hazánkban a hőmérséklet emelkedésére, valamint a szélsőséges vízháztartási helyzetek gyakoriságának növekedésére lehet számítani a jövőben, ami mind a hidrológiai rendszert, mind a vízminőséget befolyásolhatja. Az EU Vízkeret Irányelv céljait szem előtt tartó második Országos Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv célja, hogy védje és javítsa vizeink állapotát, megakadályozza azok állapotromlását és biztosítsa vízkészleteink hosszú távú hasznosíthatóságát. A megfelelő vízvédelmi intézkedések kidolgozásánál elengedhetetlen az előre jelzett éghajlatváltozás, valamint területhasználat váltás lehetséges hatásainak figyelembevétele, valamint azok számszerű becslése. A vízgyűjtő léptékű matematikai modellek alkalmasak vízforgalomban és a vízminőségben bekövetkező változások becslésére változó környezeti feltételek között, aminek köszönhetően a vízminőségvédelem nélkülözhetetlen eszközei közé tartoznak.

Doktori munkám célkitűzései a következők: (1) egy hazai kisvízgyűjtő nitráterhelésének, valamint annak szezonális ingadozásainak becslése hidrológia és vízminőségi modellek alkalmazásával, (2) a felszíni vizeket ért nitráterhelés lehetséges változásainak matematikai modellre épülő számszerűsítése különböző éghajlati és területhasználati forgatókönyvek mellett.

2. Adatok és módszerek

Doktori kutatásomhoz két különböző, de szerkezetükben nagyon hasonló vízgyűjtő szintű modellt kapcsoltam össze a hidrológiai- és nitrogénforgalmi folyamatok vizsgálata céljából: a PERSiST csapadék-lefolyás modellt, valamint az INCA-N modellt, mely a vízmozgással szorosan összefüggő szervesetlen nitrogén átalakulási és transzport folyamatokat szimulálta. Mindkét modell térben félig osztott paraméterű és konceptuális, így viszonylag kis mennyiségű bemenő adatot igényelnek, míg jellegüknél fogva alkalmasak arra, hogy a vízgyűjtő területhasználati részegységekre bontásával célzottan vizsgálhassuk azok potenciális megváltozásának, illetve az előre jelzett éghajlatváltozás hatását a víz- és nitrogénforgalomra. A kiválasztott mintaterület a Tetves-patak részvízgyűjtője, amely a Balaton közvetlen vízgyűjtőjéhez tartozik, így vízvédelmi szempontból kiemelt terület. A modellezési munka két időszakot fed le: a jelenlegi viszonyokat a 2006-2015 közötti időszak reprezentálja, míg a

jövőben várható változások vizsgálatához egy 21. század közepi időszakot választottam (2046-2055).

A PERSiST modell beállítása és kalibrációja manuálisan történt terepi mérések, valamint szakirodalmi adatok alapján a mért és becsült vízhozam adatok közötti különbség minimalizációjával. Az INCA-N beállítását és parametrizációját több lépcsőben hajtottam végre; először manuálisan létrehoztam egy ún. előkalibrált paraméterkészletet (a modellfejlesztők által javasolt értékek, valamint a vonatkozó szakirodalom alapján), majd ezután Monte Carlo szimulációt (MC) végeztem Latin Hiperkocka mintavételezési (LHS) eljárással együtt alkalmazva. Az MC LHS módszerrel meghatároztam azokat a paramétereket, amelyekre a modellezett vízhozam és vízminőség értékek érzékenyek bizonyultak, valamint becsültem a modell szerkezeti bizonytalanságát. A kalibrációhoz a Tetves patakban havi rendszerességgel mért nitrát koncentráció értékeket használtam referencia adatként.

Az INCA-N modell szervesen nitrogén al-modelljének validációját egy független időszak adataival végeztem el, míg a hidrológia modelleket (a PERSiST-et és az INCA-N vízforgalmi blokkját) időben és térben is validáltam. A térbeli validációhoz az Esztergályi-patak vízgyűjtőjét használtam. A validációt követően több éghajlatváltozási, területhasználati és nitrogén utánpótlási forgatókönyv (*1.táblázat*), valamint ezek együttes hatását is vizsgáltam a vízgyűjtő nitrát terhelésére. A modellszimulációk meteorológiai adatigényét a FORESEE adatbázissal elégítettem ki, míg a területhasználati szcenáriókhoz többek között „A magyarországi földhasználatváltozás modellezése és előrejelzése” című projekt eredményei szolgáltatták az alapot.

1.táblázat. Az alkalmazott forgatókönyvek

Forgatókönyv	Neve	Leírása
Területhasználati (T)	Tpred	előre jelzett 2050-re: -5% szántó, +2% gyümölcsös, +4% erdő (MTA RKK)
	T1	kevesebb mezőgazdasági terület (-20%) az erdő és rét javára
	T2	több mezőgazdasági terület (+20%) az erdő és rét kárára
Nitrogén utánpótlási (N)	Nm	minden szántóterületre másodvetésű zöldtrágya
	N30%	30%-kal több nitrogén hatóanyag minden trágyázott területen
	N30%ősz	30%-kal több nitrogén hatóanyag, őszi nitrogén hatóanyag arányának növelése
	Nősz0	őszi trágya elhagyása
	Ni	trágyázási időpontok eltolása
Éghajlati (É)	É1	CLM-HadCM3Q0 ("száraz")
	É2	HadRM3Q0-HadCM3Q0 ("meleg")
	É3	RCA-HADCM3Q0 ("csapadékos")

3. Tézisek

Doktori munkám eredményei az alábbi tézispontokban foglalhatók össze:

- 1) Egy hazai kisvízgyűjtőre elvégeztem egy hidrológiai és egy vízminőségi modell modellezési láncba történő összekapcsolását. A PERSiST és az INCA-N modell együttes adaptációja a 2006-2010 közötti időszak átlagában a Tetves-patakban mért nitrátkoncentrációk változékonyságának 59 %-át tudta megmagyarázni. A modellek tér- és időbeli validációja során megállapítottam, hogy az általam alkalmazott paraméter-beállítás kisebb módosításokkal alkalmazható Balaton környéki kisvízgyűjtők átlagos lefolyásviszonyainak és nitráatterhelésének modellezésére.
- 2) A mintaterületre elvégeztem az INCA-N modell érzékenységvizsgálatát. A vizsgálat eredménye szerint a modellezett nitrátkoncentráció többnyire a mineralizáció folyamatával és annak hőmérséklet függésével kapcsolatos paraméterekre volt érzékeny. A modell továbbá az alapvízhozam index értékére (*BFI (%)*), valamint a folyómederben történő vízáramlást szabályozó paraméterekre érzékeny.
- 3) *Különböző területhasználati és nitrogén utánpótlási forgatókönyvek* alapján értékeltem a kisvízgyűjtő nitráatterhelésben várható változásokat. Megállapítottam, hogy:
 - a. Az MTA RKK által készített *területhasználatváltozási előrejelzés* (Tpred) alapján a Tetves-patak vízgyűjtőjén 2050-re (-5% szántó, +2% gyümölcsös, +4% erdő) várhatóan csekély mértékben - évente átlagosan 2%-kal - csökken a Tetves-patak nitráatterhelése. A mintaterületen várható területhasználati változás jól reprezentálja a térséget, így vélhetően a nitráatterhelésben történő változások fő irányát is.
 - b. A szántóterületek arányának 20%-os növekedését feltételezve a modellezési lánc eredményei alapján 7,3%-os nitráatterhelés növekedés valószínűsíthető.
 - c. A szántóterületek arányának 20%-os csökkenését feltételezve a modellezési lánc eredményei alapján 7,1%-os nitráatterhelés csökkenés várható.
 - d. Változatlan szántóterület arány esetén a másodvetésű zöldtrágyanövények mintaterületen való alkalmazása hatékony, és realiztikusan megvalósítható stratégia lehet a nitráatterhelés csökkentésére: a modell becslése szerint alkalmazásával vízgyűjtő szinten 5%-kal csökkenthető a nitráatterhelés, amely a szántóterületekre vetítve közel 10%-os nitráatterhelés csökkenést eredményez évente.
 - e. A szántóterületeken belül, a modellezési lánc számítása szerint, az őszi búza területhasználati kategórián kb. 8 %-os kimosódás csökkenést eredményezhet

az őszi N hatóanyag kijuttatás elhagyása. Ez a technológiaváltás évente vízgyűjtő szinten 3 %-os csökkenést jelent.

- f. Az alkalmazott modellezési lánc előrejelzése alapján a mintaterület minden mezőgazdasági területét érintő, 30%-os nitrogén hatóanyag növelés évente átlagosan 21%-kal növelné a nitráatterhelést
- 4) Értékeltem a nitráatterhelésben várható változásokat a kiválasztott éghajlatváltozási forgatókönyvek mellett.
- a. A legtöbb csapadékot ígérő előrejelzés (RCA-HadCM3Q0: +46 mm, +0.9 °C) szerint csaknem 32 %-os éves átlagos nitráatterhelés növekedés várható.
 - b. Szárazabb időjárási feltételeket jelző klímamodellek szerint a nitráatterhelés mértéke 22%-kal (CLM-HadCM3Q0: -142 mm, +0.6 °C), valamint 21 %-kal (HadRM3Q0-HadCM3Q0: - 69 mm, +1.1 °C) esik vissza a 2046-2055-ös időszakra.
- 5) Megállapítottam, hogy a mintaterületre magasabb átlagos éves csapadékmennyiséget feltételező klímaváltozási scenárió esetén annak hatása meghatározóbb lehet a terhelés növekedésére, mint a tanulmányomban vizsgált területhasználati forgatókönyveké. A nitráatterhelés változásának mértéke és előjele azonban erősen függ a választott klímascenárió sajátosságaitól. Amennyiben a területhasználati és nitrogén utánpótlási gyakorlatok hatását együttesen értékeljük, a terhelés változásának nagysága erőteljesebben jelentkezik.
- 6) A kombinált (klíma- és területhasználat változás) scenáriók esetén a nitráatterhelés mérséklésére irányuló intézkedések (másodvetésű zöldtrágyázás, őszi N utánpótlás elhagyása) hatása erőteljesebben mutatkozhat meg, mint a jelenlegi klimatikus feltételek mellett. Ennek oka az, hogy a kiválasztott éghajlatváltozási forgatókönyvek szerint elsősorban az évnek azon időszakában történik nagyobb változás (téli és tavaszi csapadék mennyiségek növekedése), amely a nitrátkimosódás szempontjából a legkritikusabb.
- a. Az INCA-N modell becslése alapján 30%-os N-hatóanyag növelés hatását a jelenlegi éghajlati viszonyok mellett másodvetésű zöldtrágyanövények alkalmazásával (vízgyűjtő szinten) mindössze 2 %-kal tudjuk enyhíteni.
 - b. A választott alternatív klímascenáriók alkalmazása esetén az INCA-N modell becslése alapján 30%-os hatóanyag növelés mellett, másodvetésű zöldtrágyanövények alkalmazásával a többlet nitráatterhelést (vízgyűjtő szinten), 6-13%-kal tudjuk enyhíteni.

4. Következtetések

Doktori tanulmányomban sikeresen adaptáltam és alkalmaztam hazai kisvízgyűjtőre a PERSiST és az INCA-N modellt. Magyarországon, tudomásom szerint, mindeddig nem készült nyilvánosan elérhető modellezési tanulmány, amely kisvízgyűjtő szinten vizsgálta volna a nitrátkimosódást, illetve annak megváltozását különböző éghajlati és területhasználati forgatókönyvek mellett.

A modellek validálása során megfelelő eredményt kaptam, így kijelenthető, hogy a modellezési módszer alkalmazásával jó közelítéssel tudjuk becsülni a kisvízgyűjtő nitrátertelését, valamint annak szezonális ingadozásait. Az időben történő validációval igazoltam, hogy a modellek alkalmasak hosszútávú előrejelzésekre, míg egy másik kisvízgyűjtőn történő alkalmazással alátámasztottam a modellezési lánc átültethetőségét Balaton környéki mintaterületre.

Doktori munkámban igazoltam, hogy a PERSiST és az INCA-N modellek, viszonylag egyszerű felépítéssel és korlátozott számú bemenő adattal is átfogó képet tudnak nyújtani a kiválasztott kisvízgyűjtő viselkedéséről, ezáltal becsülhetővé téve a területhasználatban, valamint éghajlati feltételekben bekövetkező változások hatását is. Mindamellett alkalmazhatóságuknak számos korlátja van, így a jövőben fejlesztésekre szükséges lehet.

Az értekezés témakörében készült tudományos közlemények

- Kása, I.**, Gelybó, G., Horel, A., Bakacsi, Z., Tóth, E., Koós, S., Dencso, M., Deelstra, J., Molnár, S., Farkas, C. 2017. Evaluation of three semi-distributed hydrological models in simulating discharge from a small forest and arable dominated catchment. *BIOLOGIA. (BRATISLAVA)* 72: 9 pp. 1002-1009., 8 p. DOI: <https://doi.org/10.1515/biolog-2017-0108>
- Kása, I.**, Molnár, S., Horel, Á. 2016. A hőmérséklet és a bioszén típusának, valamint mennyiségének hatása a talaj nettó nitrifikációjára. *AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN* 65 : 2 pp. 297-311., 15 p. DOI: <https://doi.org/10.1556/0088.2016.65.2.8>
- Horel, Á., Tóth, E., Gelybó, Gy., **Kása I.**, Bakacsi, Z., Farkas C. 2015. Effects of Land Use and Management on Soil Hydraulic Properties. *OPEN GEOSCIENCES* 7: 1 pp. 742-754., 13 p. DOI: <https://doi.org/10.1515/geo-2015-0053>
- Gelybó, G., Tóth, E., Farkas, C., Horel, Á., **Kása, I.**, Bakacsi, Z. 2018. Potential impacts of climate change on soil properties. *AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN* 67: 1 pp. 121-141., 21 p. DOI: <https://doi.org/10.1556/0088.2018.67.1.9>

- Farkas, C., Gelybó, Gy., Bakacsi, Z., Horel, Á., Hagyó, A., Dobor, L., **Kása, I.**, Tóth, E. 2014. Impact of expected climate change on soil water regime under different vegetation conditions BIOLOGIA (BRATISLAVA) 69:11pp.1510-1519.,10p. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0463-8>
- Horel, A., Bakacsi, Z., Dencső, M., Farkas, Cs. Gelybó, GY., **Kása, I.**, Tóth, E., Molnár, S., Koós, S. 2017. Eső hatása a Csorsza-patak vízgyűjtőjének téli hidrológiai folyamataira. AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN 66: 1 pp. 61-77., 17 p. DOI: <https://doi.org/10.1556/0088.2017.66.1.4>

Egyéb tudományos közlemények

- Tóth, E, Gelybó, Gy., Dencső, M., **Kása, I.**, Birkás, M., Horel, Á. 2018. Chapter 19 - Soil CO2 Emissions in a Long-Term Tillage Treatment Experiment A2 - Muñoz, María Ángeles In: Maria, Ángeles Muñoz; Raúl, Zornoza (szerk.) Soil Management and Climate Change Cambridge (MA), Amerikai Egyesült Államok: Academic Press, pp. 293-307., 15 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812128-3.00019-7>
- Potyó, I., **Kása, I.**, Farkas, C., Gelybó, G., Bakacsi, Z., Dencso, M., Tóth, E., Horel, A. 2017. Lebegtetett hordalékmérési módszerek összehasonlító vizsgálata balatoni részvízgyűjtőkön. AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN 66: 2 pp. 317-332., 16 p. DOI: <https://doi.org/10.1556/0088.2017.66.2.2>
- Tóth, E., Gelybó, Gy., **Kása, I.**, Farkas, C., 2013. A művelés hatása a talaj szén-dioxid kibocsátására: II. A talaj vízpotenciál értéke és CO2 emissziója közötti összefüggések vizsgálata laboratóriumi módszertani tesztelés során. AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN 62: 2 pp. 299-310., 12 p. DOI: <https://doi.org/10.1556/Agrokem.62.2013.2.9>
- Dencső, M, Tóth, E., Gelybó, Gy., **Kása, I.**, Horel, Á., Rékási, M., Takács, T., Farkas, C., Potyó, I., Uzinger, N. 2017. Komposzt illetve műtrágya bioszén kezeléssel mutatott együttes hatásának vizsgálata karbonátos homoktalaj nedvességtartalmára és talajlégzésére AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN 66 : 1 pp. 79-93., 15 p. DOI: <https://doi.org/10.1556/0088.2017.66.1.5>
- Kása, I.**, Horel, Á., Gelybó, Gy., Bakacsi, Zs., Tóth, E., Koós, S., Dencső, M., Farkas, Cs. 2015. Investigation of hydrological processes in a small catchment near Lake Balaton pp. 95-103. In: A, Celková (szerk.) 22nd International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day. Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system. Bratislava, Szlovákia : Ústav hydrológie Slovenská Akadémia Vied (ÚH SAV)
- Gelybó, Gy., **Kása, I.**, Horel, Á., Farkas, Cs., Birkás, M., Tóth, E. 2015, Soil respiration and soil water regime in different land management systems pp. 61-69. In: A, Celková (szerk.) 22nd International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day. Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system. Bratislava, Szlovákia : Ústav hydrológie Slovenská Akadémia Vied (ÚH SAV)
- Iványi, K., **Kása, I.**, Gutí, G. 2012. Historical review of river engineering in the Hungarian section of the Danube. In: Berczik, Árpád; Dinka, Mária; Kiss, Anita (szerk.) Living Danube : 39th IAD Conference: Proceedings. Vácrátót, Magyarország, Göd, Magyarország : MTA ÖK Duna-kutató Intézet, pp. 279-283., 5 p.

Konferenciák

- Potyó I., Horel Á., **Kása I.**, Bakacsi Z., Koós S., Gelybó Gy., Tóth E., Dencső D., Farkas, C. 2018. Investigation of total suspended solids and turbidity measurements collected on three watershed outlets GEOPHYSICAL RESEARCH ABSTRACTS 20 Paper: 6787-2
- Ujj E., Gelybó Gy., Horel Á., Dencső M., Potyó I., Tóth, E., Molnár, S., **Kása I.**, Makó, A., Bakacsi, Z. 2018. Comparison of soil moisture regime under two different terrain positions in a vineyard. GEOPHYSICAL RESEARCH ABSTRACTS 20 Paper: 12337, 1 p.
- Horel, Á., Potyó, I., **Kása, I.**, Ujj, E., Bakacsi, Z., Gelybó, G., Tóth, E., Dencső, M., Farkas, C. 2018. LISEM modell használata talajerózió vizsgálatára egy balatoni vízgyűjtőn: poszter In: Bakacsi, Zs; Kovács, Zs; Koós, S (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés: Absztrakt és program füzet: Talajhasználat – funkcióképesség Magyar Talajtani Társaság, (2018) pp. 92-93., 2 p.
- Horel, Á., Gelybó, Gy., Dencső, M., Tóth, E., Farkas, C., **Kása, I.**, Poková, K. 2017. Soil nitrogen dynamics and Capsicum Annuum sp. plant response to biochar amendment in silt loam soil. GEOPHYSICAL RESEARCH ABSTRACTS 19 Paper: 2947, 1 p.
- Kása, I.**, Bakacsi, Z., Horel, Á., Koós, S., Tóth, E., Gelybó, Gy., Dencső, M., Farkas, C. 2016. A felszíni lefolyás ensemble modellezése egy Balaton környéki vízgyűjtőn. In: Kátai, János; Sándor, Zsolt; Szász, Gabriella (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés: "Okszerű talajhasználat - Talajvédelem": Program ; Az előadások és a poszterek összefoglalója. Debrecen, Magyarország: MAE Talajtani Társaság, p. 82
- Horel, Á., **Kása, I.**, Bakacsi, Zs., Dencső, M., Koós, S., Gelybó, Gy., Tóth, E., Farkas, C. 2016. Investigation of soil water changes under different land use types at a small Balaton catchment in Hungary. GEOPHYSICAL RESEARCH ABSTRACTS 18 Paper: 13589, 1 p.
- Farkas, C., Bakacsi, Z., Sisák, I., Horel, Á., Gelybó, Gy., Tóth, E., **Kása, I.** 2014. Az INCA-SED vízgyűjtő szintű eróziós modell Balaton környéki vízgyűjtőre történő illesztésének kezdeti tapasztalatai. In: Sisák, István; Homor, Anna; Hernádi, Hilda (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés : A talajok térbeli változatossága - elméleti és gyakorlati vonatkozások. Veszprém, Magyarország : Pannon Egyetemi Kiadó, p. 103